



Computational Intelligence und „Fuzzy Logic“

In den letzten Jahrzehnten haben sich neben der klassischen Mathematik einige Gebiete entwickelt, die in der Natur zu beobachtende Strukturen oder Verhaltensweisen mathematisch nachbilden, um dadurch schneller oder besser zu Modellen oder Lösungen zu kommen, als dies mit klassischen mathematischen Verfahren möglich wäre.

Drei der bekanntesten Gebiete, die alle in den 60iger Jahren entstanden ist die „Theorie unscharfer Menge“ (volkstümlich gewöhnlich als „Fuzzy Logic“ bezeichnet), die „Theorie Neuronaler Netze“ und das Gebiet der „Genetischen Algorithmen oder des Evolutionären Programmierens“. Ziele und Vorgehensweisen in diesen Gebieten unterscheiden sich voneinander. ‚Fuzzy Logic‘ versucht, menschliches Modellieren, Schließen und Kommunizieren besser abzubilden, als dies mit zweiwertiger Logik (wahr-falsch) oder klassischer Mengenlehre (Element gehört zu einer Menge oder nicht) möglich ist; Neuronale Netze sind (sehr einfache) Abbildungen des menschlichen (oder anderer) Gehirne und dienen anfangs primär der Mustererkennung in komplexen Datenmengen; Genetische oder Evolutionäre Algorithmen bilden evolutionäre Prozesse oder Vererbungsabläufe nach und dienen hauptsächlich der Optimierung.

Anfang der 90iger Jahre erkannte man zunehmend, dass diese Gebiete komplementär zueinander sind und es entstanden immer mehr ‚hybride‘ Verfahren und Theorien, d.h. Verfahren, die Grundideen aus mehreren dieser Gebiete miteinander kombinierten. 1994 schließlich fanden gleichzeitig in San Diego und in Yokohama große internationale Kongresse statt, die Teilnehmer aus allen drei gebieten umfassten. Beide Konferenzen fanden unter dem Titel ‚Computational Intelligence‘ statt, und seit dieser Zeit gilt Computational Intelligence auch als Überbegriff für die oben genannten 3 Wissensgebiete. Man schätzt, dass inzwischen zwischen 40000 und 50000 Veröffentlichungen auf diesem Gebiet existieren und diese Zahl steigt immer weiter.



Was ist „Fuzzy Logic“?

‚Fuzzy Logic‘ hat sich in den 80iger Jahren als volkstümliche Bezeichnung der Fuzzy Set Theory entwickelt. Genauer gesagt ist Fuzzy Logic ein sehr spezieller Teil der Fuzzy Set Theory (FST). Der Grundgedanke dieser Theorie ist, dass in der Realität oft Strukturen oder Phänomene zu finden sind, die sich nicht zweiwertig (Schwarz-weiß, an-aus, gut-böse, wahr-falsch) darstellen lassen und dadurch auch durch unseren digitalen Computer gut verarbeitet werden können. Die Theorie erweitert daher die klassische zweiwertige (dichotome) Logik und Mengentheorie in ein stetiges Modellieren. Elemente können also einer Menge nicht nur entweder angehören oder dies nicht tun, sondern sie können Mengen

zu verschiedenen Graden angehören, d.h. die Grenzen von Klassen können unscharf oder ‚fuzzy‘ werden. In der Logik können Aussagen nicht nur (absolut) wahr oder (absolut) falsch sein, sondern sie können auch „im Allgemeinen wahr sein“, „meist wahr sein“, „überwiegend wahr sein“ etc. (Ähnlich wie dies in der mehrwertigen Logik der Fall ist). Dies bedeutet zunächst zweierlei: Erstens können menschliche Aussagen (die meist nicht nur zweiwertig, d.h. schwarz-weiß gemeint sind) besser abbilden. Zweitens werden allerdings die (logischen) Schließverfahren, wie sie z.B. in den klassischen Expertensystemen verwendet wurden) zwangsläufig weiterentwickelt werden müssen, da man sich jetzt nicht mehr auf das Vorhandensein von nur zwei Werten beschränken kann. FST hat in den letzten Jahrzehnten in sehr vielen Gebieten unseres Lebens erfolgreich Anwendung gefunden. Vereinfachend geschah dies primär bei wissensbasierten Systemen und bei der Relaxierung bestehender klassischer Modellierungs - und Lösungsverfahren.

Wissensbasierte Systeme

In den 70iger Jahren entstanden die sogenannten Expertensysteme dadurch, dass man in Fällen, in denen eine geschlossene mathematische Modellierung des Problems nicht möglich war, das Wissen der Experten auf verschiedene Weisen aquirierte und darauf dann formale Schließverfahren anwandte. Die wohl häufigste Methode der Wissensaquisition war die der Regelabbildung. D.h. man bat die Experten, ihr Wissen als wenn-dann-Regeln zu formulieren and wandte dann Schließverfahren der Logik (modus ponens etc.) an, um zum Ergebnis zu kommen. Die hohen an die Expertensysteme gestellten Erwartungen wurden i.a. nicht erfüllt. Einer der Hauptgründe war wohl, dass man in diesen Systemen gar kein Wissen verarbeitete sondern nur die aus der klassischen Logik bekannten Wahrheitswerte ‚wahr‘ und ‚falsch‘. Hier setzte nun die FST ein: die Unschärfe (lexikale Unsicherheit), die in den Aussagen der Experten lag, wird mit sogenannten ‚linguistischen Variablen‘ modelliert, die kontextabhängig sind und durch sogenannte Zugehörigkeitsfunktionen ausgedrückt werden. Macht z.B. ein Experte die Aussage „Bei hohem Alter vermindert sich die Leistungsfähigkeit“, so bedeutet ‚hohes Alter‘ etwas ganz anderes, je nachdem ob es auf Eintagsfliegen, Menschen oder Schildkröten angewandt wird. Auch die Bedeutung von „ein alter Mensch“ kann ganz verschieden sein, je nachdem von wem es benutzt wird. Das Wort „groß“ hat ein sehr verschiedene Bedeutung, je nachdem, ob man es auf Diamanten oder Felsbrocken oder gar Berge anwendet. Der jeweilige Kontext (d.h. worauf sich eine Aussage bezieht), wie auch die Unschärfe der Grenzen wird nun in den Zugehörigkeitsfunktionen abgebildet. Hat man die Unschärfe des Expertenwissens eingefangen, so muss man diese „unscharfen Aussagen“ auf eine ihnen gemäße Weise kombinieren, um zu einem Ergebnis zu kommen, wie es der Experte auch erhalten hätte. Auch hierfür wurden in der FST eine große Anzahl von Methoden entwickelt.

Ihre erfolgreiche Anwendung zeigten diese Systeme in den 80iger Jahren bei der sogenannten Fuzzy Control. Dies waren fuzzy regelungstechnische Systeme, mit denen man Waschmaschinen, Videokameras, U-bahnen (in Sendai, Japan), Zementfabriken und viele andere technische Systeme gut steuern konnte, deren Steuerung durch klassische regelungstechnische Systeme auf Grund von Nichtlinearitäten oder anderer Komplikationen schwierig oder unmöglich war. In der neueren Zeit hat sich die Anwendung wissensbasierter Systeme in Form von Fuzzy Expertensystemen mehr in das Gebiet des Managements (sog. Business Intelligence) verlagert. Sie findet dort bei der Portfolioanalyse, der strategischen Planung, der Betrugserkennung und Vermeidung, der Bonitätsbestimmung etc. Verwendung; überall dort also, wo formale mathematische Methoden dem Erfahrungsschatz von Experten unterlegen sind. In zunehmenden Maße werden auch fuzzy Module mit klassischen Entscheidungsmodulen kombiniert.

Relaxierende Verfahren:

Klassische Modelle von Problemen (der Mustererkennung, Optimierung o.a.) sind gewöhnlich „scharf“ (d.h.schwarz-weiß), da die mathematischen Lösungsverfahren dies fordern, obwohl die Probleme, wie sie von Menschen wahrgenommen werden, eher keine ‚entweder-oder‘ sondern eher eine ‚mehr-oder-weniger‘, also eine unscharfe Struktur haben. Eine scharfe Abbildung täuscht also oft eine Genauigkeit des Modells vor, die in Wirklichkeit gar nicht gegeben ist. FST erlaubt es hier, Probleme so zu modellieren, dass die Unschärfe des Problems erhalten bleibt. Die Lösung des Modells kann anschließend entweder wieder mit fuzzy Methoden oder u.U. sogar mit bestehenden effizienten scharfen Methoden bestimmt werden.

Bei Optimierungsproblemen führt dies dann vom scharfen klassischen Linearen Programmieren zum fuzzy Mathematischen Programmieren, bei dem sowohl die Zielfunktionen als auch die Nebenbedingungen scharf oder unscharf sein können. Ähnlich ist es bei multikriteriellen Entscheidungsmodellen, bestimmten Problemen der Netzplantechnik, bei heuristischen Methoden etc.

Bei immer weiter steigenden Datenmengen werden Methoden der Klassifizierung und Mustererkennung immer wertvoller. Diesem Problem widmet sich die fuzzy Datenanalyse:

Auch hier ändert sich der Charakter der Modellstruktur. Nehmen wir als Beispiel die Clusteranalyse: Sie dient dazu, aus einer großen Anzahl von Elementen (Personen, Beobachtungen etc.) eine geringere Anzahl von Gruppen (Klassen) zu finden, die in sich „homogen“, also gleichartig, sind. Dabei geht man in der klassischen Clusteranalyse davon aus, dass jedes Element nur genau (oder höchstens) eine Klasse angehören kann. Betrachtet man nun eine Menge von Projekten, die man in die Klassen „risikoreiche Projekte“, „attraktive Projekte“, „zukunftsorientierte Projekte“ aufteilen will, so ist leicht zu sehen, dass dies nicht im klassischen Sinne geschehen kann.

Das gleiche gilt z.B. bei der Kundensegmentierung, wenn dafür verschiedene Klassenkriterien verwandt werden sollen. Fuzzy Clusterverfahren sind deshalb sehr oft angemessener, weil sie nicht voraussetzen, dass jedes Element nur einer Klasse (vollständig) angehören können oder gar nicht. Stattdessen berechnen sie für jedes Element die Grade, zu denen es den verschiedenen Klassen angehört.



Welchen Zweck hat FuzzyTech?

Man könnte vermuten, dass die Anwendung von ‚fuzzy Logic‘ nur dann möglich ist, wenn man Spezialist in Fuzzy Set Theory ist und gleichzeitig das zu lösende Problem gut kennt. FuzzyTech ist eine Software (ein tool oder eine shell), die es erlaubt, Probleme auch dann als ein fuzzy System zu modellieren, wenn man selbst kein Spezialist in Fuzzy Set Theory ist. Man kann mit Hilfe von FuzzyTech ein Problem graphisch oder linguistisch beschreiben. FuzzyTech kompiliert dann diese Beschreibung und löst sie auf einem normalen digitalen Computer. Beispielhaft werden Zugehörigkeitsfunktionen zur Abbildung linguistischer Ausdrücke vorgeschlagen, wie auch die „Operatoren“, die zur Verfügung stehen, um eingegebenes Teilwissen (wenn-dann Regeln) zu verbinden, um am Ende ein Ergebnis zu bekommen.